



ÖREBRO
UNIVERSITET

Våg- och materiefysik för civilingenjörer

FY501G-0100

2022-03-18, kl. 08:15-13:15

Hjälpmedel: Skrivmateriel, lärobok¹ och miniräknare.

Betygskriterier: Skrivningens maxpoäng är 60, uppdelat på 10 poäng per huvuduppgift, och bedöms utifrån kriterier för *kunskap och förståelse; färdighet, förmåga och värderingsförmåga;* samt *skriftlig avrapportering*. För betyg 3/4/5 räcker det med 4 poäng inom vart och ett av områdena *vågrörelselära, elektromagnetism, kvantmekanik och materiens struktur* samt 30/40/50 poäng totalt. Detaljerna framgår av separat dokument publicerat på Blackboard.

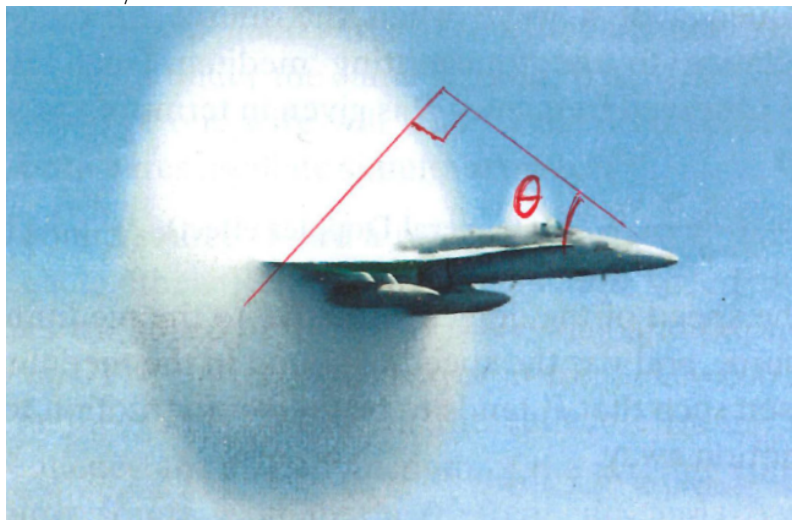
Anvisningar: Motivera väl med sidhänvisningar och formelnummer från läroboken, redovisa alla väsentliga steg, rita tydliga figurer och svara med rätt enhet. Redovisa inte mer än en huvuduppgift per sida.

Skrivningsresultat: Meddelas inom 15 arbetsdagar.

Examinator: Magnus Ögren.

Lycka till!

1. Ett stridsflygplan tillhörande NATO² flyger enligt bilden nedan i överljudsfarten $v = 1350$ km/h.



- a) Utgå från Mach-vinkeln $\theta = 60.0^\circ$ (eng. Mach cone angle) och beräkna ljudfarten i luften runt planet.
Svaret skall ges med 3 värdesiffror i SI-enheten för fart.
- b) Förklara kvalitativt varför och hur den erhållna ljudfarten i a) avviker från det värde vid NTP³ som vi vanligen använder.

¹ *Principles of Physics* Halliday, Resnick, Walker

² North Atlantic Treaty Organization

³ Normal Temperature and Pressure

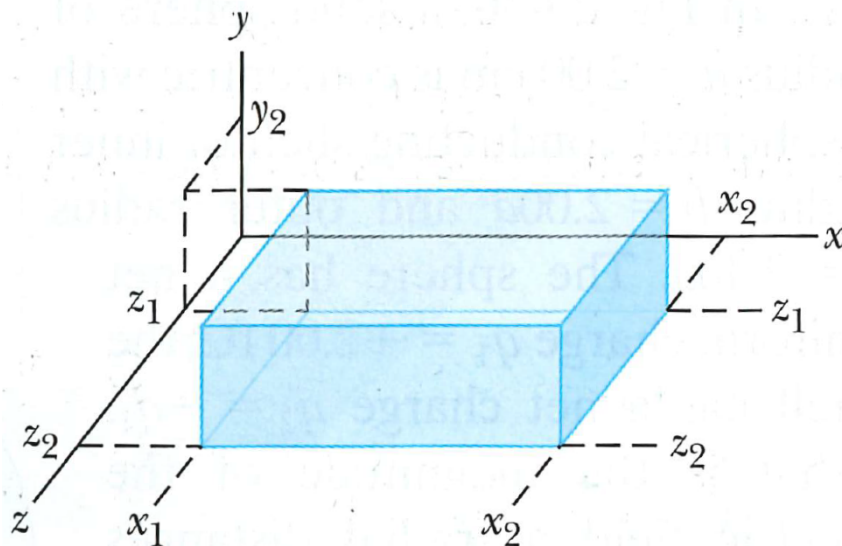
2. En sträng (A) med längden L , och en annan sträng (B) med längden $3L$, är var och en för sig uppspända med fasta ändpunkter. Båda strängarna har då samma längddensitet och samma spännkraft.

- a) Betrakta de 8 lägsta egensvängningarna till den långa strängen (B). Finns det bland dessa 8 några som har samma frekvens som någon av de 3 lägsta egensvängningarna för den korta strängen (A)? Ange isåfall samtliga sådana lösningar.

Nu halveras spänningen i den korta strängen (A) utan att dess längd ändras märkbart.

- b) Vad är förhållandet av den nya vågfarten i strängen (A) till vad den var innan spänningen halverades?

3. Rätblocket i figuren nedan definierar en Gaussisk yta som innehåller laddningen $q_{tot} = 32\epsilon_0 \text{ C}$ och ligger i ett elektriskt fält $\vec{E} = [(10.0 - 2.00x), -3.00, bz] \text{ N/C}$, där x , y och z anges i enheten meter, och där b är en konstant.



Bottenytan ligger i xz -planet, den översta ytan är det parallella plan för vilket $y_2 = 1.00 \text{ m}$. För de övriga koordinaterna gäller: $x_1 = 1.00 \text{ m}$, $x_2 = 4.00 \text{ m}$, $z_1 = 1.00 \text{ m}$, $z_2 = 3.00 \text{ m}$.

Beräkna värdet och enheten för konstanten b .

4.

a) En elektron placeras i ett homogent magnetiskt fält \vec{B} som är riktat längs med z -axeln. Energiskillnaden då elektronens z -komponent av det spin-magnetiska-dipol-momentet varierar mellan parallellt och anti-parallellt med \vec{B} uppgår till $\Delta E = 4.00 \cdot 10^{-25} \text{ J}$. Vad är styrkan av \vec{B} ?

b) Styrkan av det magnetiska-dipol-momentet för en järnatom (*eng.* iron) i en rätblocksformad järnstång (densitet 7.9 g/cm^3) är $2.1 \cdot 10^{-23} \text{ J/T}$. Rätblocket har längden 8.0 cm och tvärsnittsarean 1.0 cm^2 och alla järnatomernas magnetiska-dipol-moment är parallella. Vilket yttre mekaniskt moment (*eng.* torque) krävs på järnstången för att hålla den stilla vinkelrätt mot ett yttre magnetiskfält med styrkan 1.5 T ?

5.

Solen är approximativt en ideal svartkroppsstrålare med en temperatur vid ytan på 5800 K .

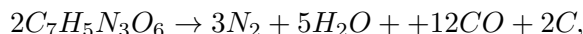
a) Vilken våglängd från solen har högst intensitet? Ange också kvalitativt vad detta är för slags EM strålning?

Även hela universum kan betraktas som en ideal svartkroppsstrålare vid tidpunkten för atomernas bildande (efter Big Bang). Idag domineras denna (sk bakgrunds-) strålning av våglängden 1.06 mm .

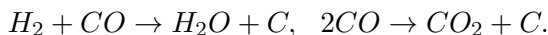
b) Vad motsvarar detta för temperatur i universum?

6.

De senaste veckorna har vissa ledare hotat med kärnvapen. En kärnladdningsexplosions styrka anges ofta i enheten kiloton (kt), där 1 kt anger en energiutveckling av $4.19 \cdot 10^{12}$ J. Enheten kiloton kommer ifrån att detta motsvarar energiutvecklingen vid explosion med 1000 ton (kt) av det konventionella sprängmedlet trotyl. Vid detonation reagerar trotyl enligt nedan:

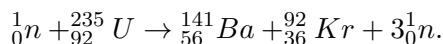


samt några reaktioner av typen



Detta betyder att ett antal kemiska bindningar (den elektromagnetiska kraften) i de ursprungliga molekylerna bryts och en överskottsenergi frigörs jämfört med slutprodukternas bindningsenergi.

Låt oss nu som exempel ta en kärnladdning av uran som innehåller 90% uran-235 (oanrikat uran i naturen innehåller 0.7% uran-235). En typisk fissionsreaktion kan se ut så här:



Detta betyder att bindningar i kärnan (den starka kraften) i de ursprungliga uran-235 kärnorna bryts och en överskottsenergi frigörs jämfört med slutprodukternas bindningsenergi.

Anta att energin som frigörs från en kärnladdning av uran kan uppskattas med skillnaden mellan det första exciterade tillståndet och grundtillståndet för en neutron (eller proton $m_p \simeq m_n$), med massan $m_n = 1.67493 \cdot 10^{-27}$ kg, i atomkärnor av (100%) uran-235. Anta vidare att kärnan i uran-235 kan modelleras som en tredimensionell kubisk oändlig potentialbrunn med sidan $7.7 \cdot 10^{-15}$ m.

- a) Uppskatta totala massan uran-235 som behövs för att en fissionsladdning skall motsvara 1 kt styrka⁴.
- b) Argumentera utgående från resultatet i **a)** eller på något annat sätt för att det är naturligt att ange energin vid kemiska reaktioner i enheten eV (elektronvolt) men energin vid kärnreaktioner i enhet MeV (megaelektronvolt).

⁴Den sammanlagda styrkan av alla kärnvapen i världen, inkluderande även de kraftigare fissionsvapnen, är av storleksordningen 10^7 kt. Detta motsvarar 1 ton konventionellt sprängmedel för varje människa på jorden.